

情報処理と情報通信の融合

～情報処理の立場から～

甘 田 早 苗*

まえがき

情報通信の基盤である電気通信技術と、情報処理の基盤である計算機技術とは、もともと技術面では極めて近い関係にある。しかしこの十年程の間に、適用面での情報処理と情報通信が相互に機能を利用しあい、むしろ一体のものとして把握すべき状態になってきた。この状態は技術面からは時折議論されているが、適用面での問題、特に社会活動に与える影響等については、系統立って議論されている前例を殆ど見掛けないし、システムの現状を適切に言い表す名称もまだ作られていない。計算機の技術面からの立場で高橋茂氏が現在のシステムの状態を「情報システム」と名付けておられるが(文献1)、これすら未だ定着した呼称にはなっていない。本稿はこのような状況の中で現状の紹介と、新に発生してきた幾つかの問題についての若干の検討を試みようとするものである。浅学菲才なるがゆえに到底十分な検討はなし得ないが、本稿がこうした問題に対する新たな議論の種になることを切望してやまない。

かような見地から、本稿の第1章では電気通信技術、計算機技術の成立の歴史的な経緯と、この両者が相互に関係を持ち、さらに関係が深まって融合と呼べる状態に立ち至った状況を要約して紹介する。第2章では両者の融合によって形成されてきたシステムの現状と、社会との関わりについて若干の検討を試みる。第3章では検討の結果を踏まえて、今後の課題と将来展望について述べる。

* 東京情報大学教授 情報学科長

1. 電気通信技術と計算機技術

1. 1 電気通信技術の台頭

元来、情報はそれを必要とする人(または組織体)に渡されて始めて価値を生ずるものである。それゆえ人類が社会を構成すると同時に、情報を渡すための通信手段が必要になったのはいうまでもない。しかし長い間、通信手段は人の声、物を叩く音、火をたいた煙、或いは旗を振る等の単純な、到達距離の短い手段か、書状を飛脚で届ける等の相当時間のかかる手段かに限られていた。ようやく18世紀の終わりに電池が発明され、引き続いて電磁誘導が発見され、電磁エネルギーを通信の手段に使えるようになったことで、社会生活に役立つ近代的な通信が生まれた。19世紀中葉には電信が実用になり、1876年には電話機が発明され、その後それらの改良によって長い距離、情報を短時間で転送することが可能になったのである。

しかし電気通信システムという立場からみた場合、技術的なテイクオフは、3極真空管の発明に基礎を置くと見るべきであろう。ド・フォレストがこの素子を発明したのは1907年のことであるが(文献2, 注1)、真空管によって初めて信号エネルギーを増幅することが可能になり、また増幅作用を利用することで高い周波数の交流電流を安定に発生(発振)することが可能になった。この素子を使って電気通信技術は目覚ましい発展をすることになるのであるが、その後30年間は少量の電報通信を除いては電話通信とラジオ放送が適用の対象で、とくに革新的な動きはなかった。

残念ながら新技術は屢々戦争によってその発展が促進されるものである。1940年頃の軍事的要望によって、レーダー、ロケット関係の技術(注2)が急速に立ち上がりを見せ、これによって育成された高周波技術、パルス技術が計算機の開発に寄与するとともに、通信技術自体のその後の展開に大きな影響を与えることとなったのである。

1. 2 計算機技術の台頭

情報処理という行為は、人間社会においては随分昔から行われて来たことである。しかし人間が地球上に姿を表してから何十万年もの間、情報処理は人間の頭脳によってだけ行われ、処理過程に機械的なものが入り込む余地は全く無かった。ようやく数千年前に文字が作られ、それを粘土板、獣皮、或いはパピルスといった物の上に書き残したり、文字をもたなかった民族では紐を結んで記録とすることが行われた。また数値的な情報については砂の上に小石を並べることで若干の演算が行われた。前者はやがて版本による印刷を経て活字印刷へ、後者は算盤という道具へと発展する。

数値の計算に機械的な道具が入り込んで来たのは、17世紀の半ばからのことである。このころ数学や物理学で有名なパスカルやライプニッツ等が、歯車を組み合わせた器具で四則演算を実行することを始めた。この流れを汲む手廻し式の計算機や、手で廻す代わりにモーターを使った電動計算機は、20年程前までさかんに利用されていたから、記憶して居られる方も多いであろう。そして19世紀前半には、このような機械式の計算機を大型・高性能化する試みが行われたが、見るべき成果は得られなかった(文献3)。

新しい飛躍は織機の知識からもたらされた。織物をより美しくするために、織物に模様(紋様)をつける工夫は前々からいろいろな手段で行われて来たが、織り模様を正確に早く作り出すものとして、ジャカード織機が19世紀初頭に発明された。この織機は模様を予めカードに穿

孔の形で作成しておき、布を織りながら機械が穿孔に応じた模様を作り出すものである。米国人ホレリスは、模様ではなしに処理すべき情報をカード上に穿孔し、これを読み取りながら四則演算をする一連の機械、即ちパンチ・カード・システム(PCS)を1890年に発明し、国勢調査でその有効性が証明された。PCSは演算機構として電磁的な要素を使うものであるが、会計処理等に便利なものであったので、電子計算機が普及するまで多くの企業や行政機関で利用された。

これから先の飛躍もまた戦争によって促進された。第2次世界大戦が勃発し、大砲の射程距離が増大すると、弾道の正確な計算を高速で行う必要が生じた。そのために、PCSと同様な電磁的な要素は使いながら、その論理的な構成を更に合理化したりレー計算機が開発された。この機械は大戦の終わり頃完成したが、これより僅かに遅れて、リレーを真空管に置き換えた初めての電子計算機も開発され、この計算機ENIACは大戦終了の翌年、1946年に稼働した。その成功に刺激されてその後種々な電子計算機が作られ、やがて今日の情報化時代へと発展して来たのである。余談になるが、我が国でも戦争後かなりの数のリレー計算機が作られ、その幾つかがレンズ計算に利用された結果、日本のレンズの性能が世界のレベルを凌駕するようになり、我が国のカメラが世界に進出する基盤になったと言われている。

1. 3 電気通信技術と計算機技術の結合

この問題を考える時、計算機に電気通信が与えた影響と、電気通信に計算機が与えた影響の両方を同時に見なければならない。この両者は相互に影響を与え合うことで急激な発展を遂げ、次に述べる両者の融合状態へと突き進んで来たからである。

だがまた同時に、真空管に替わる新しい素子としてのトランジスタの発明(1948)とその高密度化、即ちIC(Integrated Circuit)化、

L S I (Large Scale Integration)、V L S I への発展を見逃すわけにはゆかない。小型、低消費電力、高信頼性、低価格なこの素子が出現したことによって、はじめて論理回路と記憶要素を十分多量に使用することが可能になり、現在の情報化社会の形成が可能になったと見るべきである(注3)。

初期の計算機システムは、単独の計算機だけで構成されており、かつそれは今でいうバッチ・システムというモードで動作するものであった。即ち当時は処理しようとするデータと、処理の手順を書き記したプログラムとを、P C S と同様なカードに穿孔として記録し、千枚もそれ以上ものカードを計算機室まで持ってゆき、これをカード・リーダにかけて読み取らせ、計算が終わるのを待って結果をライン・プリンタに打ち出し、厚いプリンタ用紙の束を抱えて戻ってから、数字の羅列した出力を読んで始めて全体の結果を判定しなければならなかった。もしプログラムに誤りがあったり、改善の余地が有っても、その修正の都度、上記の作業を繰り返す必要があったし、万一プログラム・カードの山をひっくり返してその順序が狂ってしまったら、それをもとに戻すには大変な労力が必要であった。また計算機待ちの行列が出来て順番を待つのが通常のことであった。

計算機を何時でも、何処でも使いたいと考えた時、自ずから通信回路を介して計算機を利用する方向、即ちオンライン・システムの構築へと向かった。複数の端末装置が通信回線を経由して計算機に接続されたのである。ソフトウェアの上でこれをサポートする方法として、リモート・バッチとか、T S S (Time Sharing System) といった方式が出現した(文献4)。こうしたオンライン・システムもまた軍用システムの要望が先行したのであって、SAGE と呼ばれる防空システムが最初のオンライン・システムであると言われている。

情報通信の側では、計算機が疲れることなく24時間動作しつづけることに着目して、まずその能力を利用して回線を監視することが行われ

た。通信回線の故障によって重要な通信が途絶すると社会に及ぼす影響が甚大である。計算機で通信の状態を監視し、回線が障害を起こしたと判断された場合に自動的に予備の回線に切り換えるのは大変有効な手段である。

また電話の通話料の計算に計算機を利用する幾通りかの方法が試みられ、実用に供されて来た。

このような経緯を経て、次に述べるような両者の融合へと進んで来た。その際忘れてならないのは、計算機が持つ本質的な特徴、即ちソフトウェアを入れ替えることによって、1つの計算機で種々な仕事を実行させることが可能であるという柔軟性であって、この特徴がなければ到底現在のように多方面にわたる情報処理が一斉に開花することは無かったに違いない。

1. 4 電気通信技術と計算機技術の融合

前節で述べた状態では、まだ両システムが相手の能力を随時利用しようとする立場をとっていた。しかし互いに相手のシステムを自己のシステムに組み込むことによって、さらに大きな機能の向上が見込めることが、むしろ経験的に明らかになり、その方向へと突き進むこととなった。

先ず計算機の側からこれを見よう。計算機の世界では、それが開発されてから暫くの間、いわゆる Grosch の法則と呼ばれる経験則が信じられて来た。これは、計算機は大きければ大きい程使用効率——コスト・パフォーマンスと呼ぶ——が優れており、2倍の価格のシステムは4倍の処理能力がある、というものである。しかし半導体技術の進歩によってこの経験則は崩れ去った。旧型機の半値の新型機は、旧型機の4分の1ではなく2分の1以上の性能を持つようになった。Grosch の法則が成立するならば、1つの組織体はなるべく大型の1台の計算機で全部の情報を処理するのが最も経済的である。それが成立しないのならば、他の要因で使用するべき計算機を選定すべきであろう。この考え方

で台頭して来たのが分散処理(注4)と呼ばれる方式である。

分散処理とは、1つの組織体の情報処理を複数の、多くの場合地域的にも分散して配置された計算機で処理する方式であり、計算機システムのネットワーク化である。この方式の導入によって、組織体の組織構造によく適合した処理システムを構成することが出来、きめの細かい処理が行えるし、また情報処理に伴う通信経費の削減が可能になる等、幾つかのメリットが生じる(文献5)。ただ分散処理システムを本格的に導入するためには、電気通信回線の利用に当たって設定されていた従来の諸規則をかなり大幅に変更する必要があるが生じた。

既に述べたように、従来の電気通信回線は主として電話通信に使われており、使用上の規則も電話通信に適合するように設定されていたのである。分散処理への要望の高まりと、一般事務処理に際しても画像情報を転送したい(ファクシミリ通信等)という要望が強くなったことによって、回線使用規則の大幅な緩和、いわゆる「回線開放」(注5)が強く求められ、幾許かの曲折を経て実現された。そして更にこれを契機にして、通信事業組織の再編成が行われた。英国における通信事業の民営化と事業者の複数化、米国におけるAT&T社の分割とFCC(Federal Communications Commission)による規制(注6)の緩和、わが国における日本電信電話公社の民営化と第二電電各社の事業開始等は、このようにして引き起こされた一連の動きとして捉えるのが妥当である。

技術的な内容も含めて、計算機のネットワーク化のおとし子として生まれたものにVAN(Value Added Network: 付加価値通信網)がある。このネットワークの特徴は転送される情報がネットワークの中で加工されることである。加工のレベルは個々のネットワークそれぞれによって異なり、情報の転送の為に必要なレベル、即ち通信処理だけを行うものもあるが、いわゆる情報処理レベルの加工を行うものもある。これは通信的視点から見れば驚くべき変貌

である。何となれば、従来の通信の概念では、送出された情報は出来るだけ忠実に受信端まで送り届けるべきものであって、ネットワークの中でそれを意識的に加工するなどということは、全く思いもよらない行為だったからである。だがこれは、情報処理と情報通信が融合し、一体となって1つの目的を果たす姿に他ならない。

次に電気通信の側から両者の融合について見てみよう。最も分かり易い事例は電子交換機であろう。計算機では、それに結合されたアクチュエータを介して種々な装置・機械を制御することがよく行われている。これらの装置・機械を電話の通話路回路に置き換えたものが電子交換機に他ならない。既に述べたように、計算機ではプログラムを入れ替えることで、種々な機能を実現することが出来る。電子交換機でもプログラムを変更することで、従来の機械的な交換機では実現の難しかった各種のサービスを容易に実現することが出来る。

最近のテレビジョン放送では、衛星通信回線を経由した中継放送が非常に増えているし、衛星放送も現実のものとなっている。しかし衛星そのものを打ち上げるのに計算機の使用は必須であるし、また衛星を通しての通信や放送を制御するのに常に計算機が使われているのは、むしろ自明なことであろう。計算機なしではこれらの通信も成立しえないのである。

1988年3月末でわが国の自動車電話の加入数は15万を超えた。自動車電話においては、1台の自動車は1つのゾーン(1つの基地局から電波の届く範囲)から他のゾーンへ次々に移動する。その場合基地局とその自動車との間で、ゾーンが替わる度に空いている無線チャンネルを探して新しく接続を行わねばならない。かような操作を人手でやっていたのでは正常な電話通信は成立しない。この面倒な仕事もまた、自動車に積み込まれた小型計算機が自動的に行っているのである。

以上掲げた若干の例でも明らかなように、現代の電気通信は全面的に計算機の機能を組み込んで運用されているのである。

2. 情報化社会とのかかわり

2. 1 情報化社会における必要性

情報化社会で活動するためには、組織体、または個人は情報を収集し、選択し、加工し、そしてその結果を利用することが必要である。

収集の対象となる情報の中には、個別に集めなければならない性格のものもあるが、また組織的に予め集められている情報の集合から抜き出して来ればよいものもある。対象となる情報の集合はデータ・ベースと呼ばれている。データ・ベースの内容は、通常使用者の手持ちの計算機から通信回線を介してそのデータ・ベースを保持している計算機に問いかける操作によって、有料で獲得することが出来るものであり、そのための通信は世界的な規模で利用できる場合が多い(文献6)。しかしわが国のデータ・ベースの蓄積が貧弱なことが、識者の間で問題視されている。

情報の選択は利用者個々の問題であり、選択のノーハウが極めて重要なのは議論の余地のない所である。そして選択の基準はそれを利用しようとする人間が設定しなければならない。所詮組織体の運営を全面的に機械に任せることは出来ない。

情報は必要な形に加工されることでその価値が増大する。より有効な形に加工しようとすると、意外に大きな処理能力が必要になる場合が多い。そのような時、通信回線を介して、処理能力の大きい計算機、例えばスーパー・コンピュータの能力を借りる方法もある。また上述のVANの中にその能力が組み込まれていることもある。

加工された結果の情報を利用するためには、組織体の中の必要なセクションにそれを速やかに伝達しなければならない。組織体のシステムは、当然この作業を迅速に果たせるものでなければならない。1つの組織体のために構築された情報処理網、即ち自社網によろうと、VANで代表されるデジタル公衆網によろうと、或

いは公衆電話網を利用しようと、情報化社会で活動しようとするならば、これらの網を利用して上記のような情報処理を行うことが必須であるのは言うまでもない。

次の節以後で例示するように、広範な業種の多数の企業が実現にそのようなアプローチを行っているが、情報処理網は単独の企業内に止まらず、多くの関連企業にまたがって設置され、相互に必要な情報の交換が行われている。これは現代の社会活動にとって不可欠なことであるが、しかしこのような巨大なシステムにはまたそれなりに新たな問題が派生している。それは網の広がりがありにも大きいために、網の中の1ヶ所で事故が発生すると、その影響が極めて広い範囲に波及する恐れが生じたことである。類例を示そう。

昨今まれに広い地域にわたって長時間の停電が発生して、各方面に被害が及ぶことがある。これは電力を安定に供給する目的で、多数の発電所、変電所を相互に送電線で結合していることに起因し、このシステム内の何処かで発生した事故の影響が広い範囲に波及するために引き起こされるものである。いまや情報の流れに対しても同様の障害が起こる体質が醸成されている。非常に大型のシステムについての安定性の問題は、スペース・シャトルの事故でも示されたように、予防も解決も極めて難しいという事実を直視しなければならない。

2. 2 金融への適用において

経済活動の基盤となる金融が社会に及ぼす影響の重大さは今更云々する必要もないことである。金融業界はいま第3次オンライン・システムの構築に熱い火花を散らしている。それぞれの企業が競合他社より機能の優れたシステムを持ち、それを利用することで優位を占めようと努力している。だがそれと同時に、金融業界全体で協調する必要にもせまられており、その目的のために巨大なシステムが構成されている。

為替交換のためのシステムは既に永い使用経

験を経ている。銀行、金庫等700を超える金融機関を相互に結合する「全国銀行データ通信システム」は、NTTによって設置、運営されているが、これは1968年に稼働した全国地方銀行協会システムから発展したもので、金融機関相互の為替決済がこのシステムを経由して行われる。即時性への要求がそれ程強くはないという為替の性格から、次に述べる預金システムほどにはシステムの信頼性が問題になることはない。

預金システムは、各銀行等がそれぞれ預金処理のオンライン・システムを構築した上、いくつかの銀行がグループを作り、業務提携をして相互に他行口座の預け入れ、引き出しが可能なように構成されている。さらに都市銀行13行は、BANCSというシステムを介して、他行口座の処理が可能になっており、利用者にとっては大変好都合なシステム構成が形成されている。これは銀行にとっても、全国規模でオンライン・ネットワークを展開している郵便貯金システムに対抗する意味をもつものである。

ところが1988年の春の連休前に、BANCS加入のシステムも、郵便貯金システムも、相次いでシステム・ダウンを起こして新聞にぎあわせた。連休直前に預金者がいつもの利用先とは違う営業店から平常時よりはるかに大きいトラフィックをシステムにかけたのが原因だと分析されている。トラフィックの異常な増加と偏りによって、システムの設計時に想定していなかったボトル・ネックが露呈したものと見えよう。幾許かの利用者は自分の預金を引き出すために長時間待たされる結果になった。

同様な現象が東京証券取引所株式売買システムでも5月の中旬に起こった。これは少数の特定の銘柄にトラフィックの異常な集中が起こったためと説明されている。これによって株を売買しようとして果たせなかった顧客が出て、生じた損害の賠償問題にまで発展した。

以上挙げた例は、大規模なオンライン・システムの信頼性の設計がいかに難しいかを示している。しかし難しいからといって、大規模なシステムを構築しないで済ますわけにはゆかない。

例えば大手の証券会社は、いまや全世界的な規模の情報ネットワークを構築して、金融情報のみならず、あらゆる経済および政治的な情報を収集し、加工し、社内と重要な顧客にその結果を提供するシステムを稼働させている。また各種の保険会社も加入業務にとどまらず、各種の情報収集に同様な努力を重ねている。

2. 3 物流への適用において

最近は運輸業においても、単に渡された貨物を指定された場所に事故なく届けるだけでは、顧客の満足を得ることはできない。大切なのは、預託された貨物が到着する予定日時を正確に顧客に伝えたと共に、輸送の途中であっても、貨物が何処でどのような状態にあるかを、何時でも正確に答えられる状態にしておくことである。これは顧客へのサービスであると同時に、運送システム自体の合理化に役立つ。宅配便のような小さい単位の荷物でも状況は同じで、荷物の流れを常に正確につかんでいるかどうか、他社との競合の上で極めて重要な因子となる。従って宅配便業者も全国的な規模の情報処理ネットワークを持ち、すべての荷物情報がそのシステムの上に写像されるように努力している。また物流の拠点（デポ）では、夜間に到着した荷物を自動的に行き先別に仕分けするシステムを導入し、これと上記の情報システムとの結合をはかっている。最近では国内のみならず、海外業者と提携してこのような機能を世界に広げようとしている。顧客もまた、システムがそのような機能を持つことを前提として利用するようになってきている。

このような運輸業関係のシステム機能をうまく利用しているものに、例えばファミリー・レストランやコンビニエンス・ストアのチェーン店があるという。もちろんこれらの業種では、自己の配送機能も持っており、またチェーン店舗と本部を結合する計算機網をフルに活用している。

量販店、デパートの販売管理には、以前から

P O S (Point of Sales) システムが使われて来たが、最近になってようやく P O S 本来の機能が活用されるようになった。売れ筋、死に筋の品物を早期に把握し、不要な在庫を圧縮し、併せてアルバイト店員が多い現場で処理の間違いや不正行為の発生を防止する等、システムの導入効果は大きい。顧客から見れば、買上品の詳細が記入されたレシートが発行されるのは何かと便利であり、システムを導入していない店舗との格差が明確になる。とくに全国的な規模で店舗を展開しているデパートやスーパーでは、売上情報の把握と仕入れへのフィード・バックの効果は顕著なものがある。

大衆商品メーカーが、卸、小売店をネットワーク化し、小売店の営業活動を支援しながら市場情報の収集を始めたのは新しい動きである。

2. 4 製造業への適用において

製造業における新しい動向は、C I M (Computer Integrated Manufacturing) で代表される。即ち従来は設計、製造、組立、検査、出荷と幾つかに区切られていた一連の工程を一貫して把握し、工程の合理化、無駄の排除、手配もれ等の事故の追放を狙うものである。

処理の流れは設計から出発するが、まずこの段階で C A D (Computer Assisted Design : 計算機を利用した設計) を行い、必要な設計図を作成すると同時に、設計結果を確認するためのシミュレーション・データ、部品表、購入品の試験仕様と試験データ、組立指図書、C A M 用データ等を作成する。次の段階が C A M (Computer Assisted Manufacturing) で、数値制御 (N C) 工作機械のためのデータ、ベルトライン制御用データ、製品検査の指図書とデータ等が作成され、また併せて製品の在庫、配送のためのデータも作成される。製造対象がプラントであれば、最終組立は現地になるので、そのための手配書、組立指図書も必要になる。

上記は機械的な製品を対象に述べたが、最近では化学的な製品も C A D の手法で予め合成され

る新製品の物性を予測して製造することが出来るまでになった。C A D の技術は半導体や電気的な回路についてまず発展したが、C I M としての確立はプラント・メーカーが先導的な役割を果たした面が多い。

いずれにしても営業情報を参照しながら必要な工程とデータを一貫して把握し処理することによって生じるメリットは非常に大きいものがある。このシステムを計算機技術の面から見ると、多数の異質の計算機が次々にデータを受け渡ししながら、一連の動作をする必要がある(文献7)。計算機がプログラムを変更することで種々な処理に対応出来るとは言っても、高度なシミュレーションを実行する計算機と、工作機械やベルトラインを制御する計算機は別の機種にした方が効率が良いし、また分散処理という面での配慮も必要になるからである。かようにこのケースでは、異機種計算機間の接続が重要な課題である。

しかし大部分の処理は自社の工場内で完結するので、通信網の上ではいわゆる L A N (Local Area Network) が重要な役割を果たす。ただし外注先や製品配送先との情報交換は必須であり、銀行等との交信 (ファーム・バンキング等) も必要なことから、結局広域通信網 (W A N : Wide Area Network) と L A N とを結合したネットワークが必要になる。このような計算機網の障害は、製造ラインの停止を招くおそれが多いので、システムの信頼性は強く要望される。

2. 5 研究開発への適用において

数値計算、シミュレーション、実験データの自動収集等、研究開発の面でも計算機が非常に重要な役割を果たしている。個々のこのような処理に対しては通常 1 台かせいぜい 2 ~ 3 台の計算機を使用すれば十分であるが、当然研究開発の実施にあたっては別の計算機パワーも要求される。

その 1 つは、既にふれたデータ・ベースの利用で、科学技術上の各種のデータを検索して使

用することも、研究開発の効率を向上する上から大変重要なことである。特に既に誰かが実施した研究開発を、その存在を知らなかった為に重複して行ったのでは、研究者自身の能力を疑われても致し方ない。同様な問題は、特許情報についても言えることである。従ってしかるべき通信回線を経由してデータ・ベースを検索することは、研究者にとって必須の作業になりつつある。

第2は、研究上必要な計算機資源の相互利用ということである。上記のデータ・ベースもその範疇にふくまれるが、その他に特殊な機能を持った計算機や、特別な処理プログラムを多くの研究者が共同で利用するのは好ましい事である。こうした目的の為に作られた計算機網の先駆として、有名な ARPANET がある。この計算機網は米国の Advanced Research Project Agency によって構築され、1969年に試験稼働を開始したが、後に全米（一部英国の加入者を含む）の主な大学と研究機関の計算センターを相互に通信回線で結合し、計算機資源の相互利用を可能にしたものである。この計算機網の成功に刺激されて、その後各国で研究ネットワークと呼ぶべき計算機網が設置された。わが国では JUNET が最も大きいシステムで、大凡160程の大学と研究機関がこれに加入している。通信技術的な面でも ARPANET は大きな成果を上げたシステムで、50 kbps という高い通信速度、パケット交換(注7)という新しい情報転送方式、情報交換機能の階層的把握、プロトコルの導入、仮想端末の概念の利用等、多くの新機軸を実現し、その後の計算機網、特に V A N の成立の規範となったものである(文献8)。

最近はさらに研究者相互の間で、もっと気安く使えるシステムとして、パソコン通信網が出現している。これは多くの場合公衆電話回線を利用するものであるが、各研究者が単独で、または自分の所属する組織の L A N を通して、相互にパソコンによって通信するもので、通信内容は電子メール、掲示板、電子ニュースといったメッセージ交換が主体である。

研究開発用ネットワークに限ったことではないが、最近ハッカー(注8)対策が問題になっている。オンライン・システムに入り込む際の鍵である I D (Identification) 符号の内容を複雑化し、屢々変更し、また重要な情報を暗号化する等、種々な手段を講じて対処するのであるが、完全に防止するのは極めて困難である。基本的には情報処理に関与するすべての人のモラルの問題であるが、企業スパイ等の存在も考えると、通常のレベルでのモラルだけに頼るわけにはゆかない。どのような鍵を設けても、鍵を破ることに興味を持ち、またはそれによって報酬を得ようとする者がいる間は本当の解決策は有りえないであろう。

3. 課題と将来展望

3. 1 技術的課題

A. トラフィックの問題

前章で例示したことからも明白なように、計算機のネットワーク化の流れは、強烈なニーズに支えられて滔々として進んでいる。しかしオンライン・システムの設計基準は残念ながら確立しているとは言い難い状態にある。極言すれば、失敗の経験の累積によって、徐々に設計の有り方が固まりつつあるといってもよい。例えば金融への適用の項で述べたような、トラフィックが異常に集中する可能性をどのように予測したらよいのか、また集中が起こった時に、システムはどのように反応するのか、障害が起こってから原因を分析することは可能であるが、事前にしっかりした理論的な解析を行ないえないのが実情である。

その解析の中で必要になる待ち合せ (queue) の理論も、系が少し複雑になるともはや厳密な数学的处理が出来ない。まして複数の系が相互に接続されている場合には経験的な判断しか使えない。パケット通信網がかなりの稼働実績を示しているが、その上での情報の流れについても同様である。

勿論システムを提供する製造会社や、導入を計画している利用者は、システムのシミュレーションをするための材料等をいろいろと準備し、稼働後に起こるかもしれない障害を除去すべく努力してはいるが、実システムについて過負荷試験をして問題を洗いだすといった実際的な方法には経済的、および時間的な制約による限界がある。

対策として現在普通に使われている方法は、全体的にある程度の余裕を持たせてシステムを設計することであるが、これとてどの程度余裕を持たせたら十分なのかという厳密な算定方法は見出しえない。

B. 障害対策

計算機内部に冗長性を持たせ、一部の障害ではシステム・ダウンを起こさないように設計された計算機が利用されはじめているが、そのような特殊な計算機にはまた使用効率、使用できる計算機言語、接続可能な周辺装置等において不満が残る場合もある。

一般には、計算機、周辺装置、通信回線のすべてにわたって予備の設備を用意し、障害時に予備の設備に切り換える方法で対応しているが、かなり余分な設備投資が必要になる。結局、万一システムが停止した場合の損失と、冗長設備への投資額との見合いで、どの程度の予備設備を持つかを決めざるをえない。今1つ問題になるのは、予備設備への切り替え時間である。切り替えの際、数分間のシステム・ダウンが許されるなら、システムに対する要求はさほど厳しいとは言えないが、それより短い切り替え時間が必要であると、相当多額の投資が要求される。例えばすべての設備を二重化し、構成された2つのシステムを常時並行して運転しておくような措置をしなければならない（Dual Systemという）。

基本的には、計算機、周辺装置、通信回線のいずれも、それぞれ信頼性の高いものを選択して使うのが大切である。しかし計算機には、ソフトウェアが必要であり、ソフトウェアの信頼

性も十分高くなければ何もならない。

一般にオンライン・システムのためのソフトウェアは、質的にも高度なものが要求されており、量的にも大きなものであるから、全く誤りのないソフトウェアを作成するのは極めて困難なことである。テストを重ねてプログラムの誤り、即ちバグを取り去る努力を重ねなければならないが、先に述べたトラフィックの集中のような状態にならないと見つからないバグが、なかなか除去しきれないものである。あるシステムが稼働して3年経ってから初めて見つかったバグ等というものもある。対策としては出来るだけ経験をつんだプログラムに作成作業を依頼するしかないが、優れたプログラムは数に限りがあることもあり、真に頭の痛い問題である。

C. マン・マシン・インタフェース

現在、優秀なソフトウェア技術者の数が非常に不足している。人材に関する問題は次節で述べるが、計算機のインタフェースをもっと人間が近づきやすいように改善するのは、ソフトウェアの信頼性と生産性を向上するのに意味のあることである。また利用者の立場から言っても、誰でも気安く操作できる計算機が欲しい。

マン・マシン・インタフェースの改善は、このような見地から、前々から強く要望されていることであるが、その進展はかなり遅々としている。最近のワーク・ステーション（高機能な卓上型やサイド・テーブル型の計算機）では、かなりの改善(注9)が見られるものの、やはりその操作にはある程度の熟練が必要である。なかなか電卓のように誰でもすぐに使いこなせるという訳にはゆかず、今後の計算機技術全体の発展に期待せざるをえない。

D. 通信回線

現在、電気通信回線は従来から使われて来たアナログ回線と、PCM（Pulse Code Modulation）のためのデジタル回線とが併用されている。しかしそれらの回線は、大部分が電話通信に最適化されており、僅かな回線だけがD

D X (Digital Data Exchange) 網等として計算機符号の伝送に最適化されているにすぎない。しかし世界的な規模で符号伝送の要望が高まっており、回線提供者（わが国ではこれを第一種電気通信事業者と呼ぶ）の側でもこの要望を満たすような回線を設置しつつあり、その普及によって計算機網の構築は一層容易になろうとしている。具体的には I S D N (Integrated Services Digital Network : 総合デジタル通信網) (注10)の先駆として N T T が運用を開始した「 I N S ネット64」等が対象になる。

このような回線提供者側の動向は、情報処理の側からみれば大変好ましいことであるが、何分全国的な規模の話であり、個々の計算機網利用者の希望で全体的な方針を動かすわけにはゆかない。早期に全国的な規模で充実されることを期待するにとどまる。

3. 2 人的課題

ソフトウェア関係を中心に、計算機技術者の不足について既に述べた。その確保と育成の問題について触れたい。

文献9.によれば、種々な不確定要素はあるものの、昭和63年度から75年度までに学校教育機関が養成すべき情報技術者数は、150~225万人であるという。昭和60年度現在の情報処理技術者数は32万人とのことであるから、上記の数字は極めて大きいものである。この文献には、大学院の拡充、生涯教育の強化も同時に述べられているが、教育の中心は何といっても大学教育である。我々情報関連の大学人として、この問題は銘記すべき事柄である。この文献ではまた、教育者の確保について、「大学と企業の間での優れた人材の確保の競争がみられることから、今後一層教育者の確保は困難となっていくことが予想される」と指摘しており、われわれはこのような状況のもとで、いかにして多数の優秀な学生を育成するか、その方策を真剣に考えねばならない。

だがまた同時に我々はソフトウェア関連企業のあり方にも注文をつけねばならない。現在の一部のソフトウェア・ハウスのように、人材を消耗品扱いするようなことが続けば、優秀な人材はこの業界から逃げ去ってしまうに違いない。

3. 3 将来展望

以上、まだ我々の周囲に多くの課題が残されていることを述べてきた。しかしこの現象は、情報処理・情報通信の利用があまりにも急速に進展してきた結果であるとも見ることができよう。文献9.を再度引用するならば、「情報に関する科学技術の高度化とその普及、情報に関する産業の拡大、各分野の産業の情報化等により、今後、情報技術者の需要は著しく増大していく。また、情報技術は、先端技術の研究開発をはじめ、社会のあらゆる領域の活動において不可欠な基盤として、ますます重要なものとなっていく」のであって、日本社会の今後の発展のために、我々は更にこの方面の研究と教育に努力を重ねなければならない。

ここで、技術的な面からの将来展望について若干私見を述べよう。本稿の題名とした情報処理と情報通信の融合は、さらにその度合いを強めるであろう。I S D N の普及によって、1本の通信回線を使って、音声情報も、画像情報も、計算機の符号情報もすべてが転送されることになるであろう。しかしそれをどう使いこなすか、という問題は、必ずしも明快に予測されてはいない。最近の世の中はシーズが先行し、ニーズがそれを追い掛ける状況に変わってきており、ニーズを掘り起こすために多大な努力が要求されている。

計算機の性能が数段上昇すれば、おそらく21世紀のことであろうが、通信回線の中に通訳機能が織り込まれるかもしれない。そうなれば誰でも国際回線を通して外国人と会話が出来ることになり、Language Barrier が解消することになる。ただし当分の間、翻訳のレベルとして高いものを望むのは無理であろう。

だがこのようにして、計算機による音声認識のレベルが向上してくれば、比較的単純な処理であれば計算機に言葉で命令を与えることも可能になるであろう。現在でも先に例示した仕分けのシステムでは、言葉で振り分け先のデータを入力することが行われている。これはマン・マシン・インタフェースの改善としては画期的な意味を持つものである。

各種の情報通信に必要な交換機の機能は、さらに高度化するに違いない。移動通信の技術の発展と相俟って、パーソナル・サービス(特定の人物が何処に移動しようとして、移動先に電話通話を接続するもの)も現実のものになるであろう。着信者に対する発信者の表示は、今でもディジタル交換機では可能であるので、今後これは全面的に普及することになる。ISDNの発展の上で動画の交換も検討されているので、これもやがて実現されよう。

またVANの機能もさらに高度化して、いろいろな情報処理をネットワークが果たすようになるであろう。小規模な情報処理の利用者は、自分で計算機を設置するよりVANを使った方が経済的になるかもしれない。

むすび

以上、電気通信技術と計算機技術の台頭と相互の関わり合い、社会活動との関係、課題と将来展望について述べた。これらの技術と適用面の問題は、まだまだ急激な変化をしており、さらに多くの将来像を描くことが出来るが、そうした技術的発展が社会に役立つためには、現在の各種の法規的な制約等を、引き続き弾力的に変更してゆく必要があろう。

またこれは、好むと好まざるとに関わらず、文化にまで影響を与えるのだということに注意しなければならない。例えば、テレビジョンの普及によって、わが国の文化がいろいろな影響を受けたことは周知の通りである。テレビジョンは社会の情報化の一部を担うにすぎない。情報処理と情報通信とを核とした情報化の流れは

もっともっと大きく、強烈なものであり、屢々第2の産業革命と称されている。否応なしにこの流れに直面しているわれわれは、単に多くの便宜を享受することが出来ることを喜ぶだけでなく、常により良い社会を育成することに心掛けながら、このような技術革新に対応し、その成果を活用してゆかねばならない。

文献

1. 高橋 茂: ハードウェア工学概論, 共立出版 (1988)
2. 水島 宜彦: エレクトロニクスの開拓者たち, 電子情報通信学会 (1977)
3. 高橋 茂編: 電気・電子工学大百科事典, 電子計算機(I), 電気書院 (1982)
4. G.A.Champine, et al: Distributed Computer Systems, North-Holland P.C. (1980)
5. A.S.Tanenbaum: Computer Networks, Prentice-Hall, Inc. (1981)
6. 山口 開生監修: 最新データ通信用語事典, ラティス (1984)
7. C.Weitzman: Distributed Micro/Minicomputer Systems, Prentice-Hall, Inc. (1980)
8. 猪瀬 博監修: コンピュータネットワーク技術, 情報処理学会 (1980)
9. 教育改革実施本部情報化専門部会(文部省): 情報技術者の養成確保について(中間まとめ) (1988)

注記

- (1) これより先にフレミングが2極真空管を発明し、ド・フォレストはそれを改良する研究の過程で3極真空管の構造に到達した。しかし彼はその動作原理を必ずしも正確に認識してはいなかった。その状況は文献2.に要約されている。
- (2) 無線探知の技術では、高周波の電波をパルス状にして送出し、反射波が返ってくるまでの時間を測定して目的を達成する。周波数が高い程正確な結果が得られるので、より高い周波数の電波の発生と受信の技術が要求された。トランジスタの発明もこの関係の研究から出発した。
- (3) こみいった論理回路と、それに見合う記憶容量を使う装置を作ろうとすると、価格の問題だけでなく、装置の大きさ、発熱量、素子の信頼性等がある基準を満たさなければ実用にならない。
- (4) Distributed Processing: 対語は集中処理である。
- (5) 通信回線の提供者は、その安定な運用としかるべき収入を確保するために、異種類の回線の相互接続や、回線に接続する端末装置等についていろいろと制度上の制限を設けている。需要者の要求でこれらの制限を

緩和したことを回線開放と呼んでいる。

- (6) FCC は、通信業者が情報処理分野に進出することと、情報処理業者が通信分野に進出することをきつく制限してきた。A T & T 社の分割と同時にこの制限を大幅に緩和した。
- (7) 送信すべき情報を一定の長さに区切り、区切ったブロックのそれぞれに宛先をつけて送出し、かつ変換機に蓄積交換形のものを使う符号通信システムである。こうすることで通信回線の使用効率が非常に高くなりまた V A N との相性が大変良い。
- (8) 米国ではオンライン通信のマニアといった意味にもつかわれているが、わが国ではオンライン・システムに無法に侵入して、いたずらや、スパイ的な行動をするものを言う。
- (9) 例えば、ビットマップ・ディスプレイという高級な装置、マルチ・ウインドウというディスプレイの使い方、メニュー方式の作業指示、マウスという器具の使用等で、使い勝手は相当改善された。
- 10) 音声や音楽は P C M 等の技術で符号化し、画像情報もデジタル符号に変換し、計算機の符号と併せて、すべて 1 種類のデジタル回線で伝送し、またデジタル交換機で交換を行うサービス・システム。